

# Combatre el sisme: una realitat

Albert Albareda i Valls i Carles Pastor Foz

Diagonal.28

El món sencer ha quedat horroritzat per les devastadores imatges de l'aeroport de Sendai que, com molts altres indrets del Japó, ha quedat inundat en pocs minuts per una poderosa marea inesgotable de runes i de fang. L'impacte d'aquest fenomen ha estat tan gran que, setmanes després, tothom es qüestiona encara com pot ser que un país tecnològicament tan avançat com el Japó no pogués superar un tsunami d'aquestes dimensions, sobretot quan se sap des d'un inici quin és el risc al qual està permanentment sotmès.

Malgrat tot — i amb el reconeixement dels mateixos japonesos, en un gest molt propi d'ells, que el país no estava preparat per a l'envestida d'una onada gegant d'aquesta magnitud—, no hi ha dubte que es parla només del tsunami perquè la gran majoria d'edificis van resistir el moviment sísmic sense ni tan sols immutar-se. Una continuada cadena de sismes, encapçalada per un moviment de 8,9 en la vertiginosa escala de Richter, ha passat del tot desapercebuda en la majoria d'edificis de la capital i voltants de l'epicentre. Sense cap dubte, tot un prodigi. No podem passar per alt que si l'AIJ (Architectural Institute of Japan) no hagués dedicat una gran quantitat de mitjans a la recerca i normalització del disseny estructural antisísmic durant dècades, ara estaríem sobretot parlant del terratrèmol, perquè el tsunami hauria estat tan sols el colofó d'una catàstrofe de dimensions incalculables.

Tot i haver començat a estudiar el problema des de principis del segle XX, japonesos i americans es van associar a la dècada dels 60 per afrontar un problema que resultava encara desconegut per a edificis de determinada alçada (pensaven que els indrets on s'havia construït en altura no eren precisament zones d'alta sismicitat). Així, en les diverses edicions del US-Japan Cooperative Earthquake Research Program, ambdós països van fer esforços considerables per investigar quins eren els millors mètodes perquè els edificis absorbissin les increïbles dosis d'energia produïdes pels moviments induïts en els edificis en cas de sisme. En aquests temps s'ha fet, doncs, palès que van aconseguir dissenyar solucions constructives i estructurals concretes, prou efectives com per afrontar moviments sísmics veritablement devastadors.

Resistir habitualment i de forma contínua sismes d'entre 6 i 8 en l'escala de Richter té molt mèrit; resistir un moviment puntual d'escala 8,9 és realment admirable. Però resistir ambdues coses en un interval molt curt de temps, estem parlant de dies o fins i tot d'hores, és un miracle. I si no, recordem els efectes devastadors d'un sisme d'escala menor (7,8) a les províncies de Sichuan i Yunnan l'any 2008, a la República Popular Xinesa. Cal recordar que l'escala de Richter no està formulada proporcionalment, sinó logarítmica, la qual cosa significa que no té res a veure passar de grau 7 a 8 que de 8 a 9.

És evident que no podem comparar les exigències de les nostres normatives i els nostres dissenys estructurals amb els del Japó, entre d'altres coses perquè aquí “sembla” que no hi ha ni de bon tros el mateix “risc” sísmic. El problema és que, com tots els límits marcats per les normatives d'aplicació, el risc que admet la societat és en funció d'allò que es preveu o d'allò que ha succeït al llarg de la història. Hem de partir de la base que els edificis en el continent Europeu, i en especial a l'Estat espanyol, no és que no puguin resistir un sisme de 8,9 sinó que molts d'ells no en resistirien ni tan sols un de grau 6. Pensem, per exemple, en centenars d'edificis de l'Eixample construïts amb estructura de murs de càrrega i d'alçades considerablement altes o en les construccions dels nuclis antics de les nostres ciutats medievals. Recordem que, malgrat que són fets poc probables, no són impossibles: l'any 1428, Catalunya va sofrir un moviment de grau 6,5 que, entre altres edificis notables, malmeté seriosament l'església de Santa Maria del Mar i el Monestir de Ripoll. Aquest fet ha de fer-nos, com a mínim, admirar i valorar l'esforç fet al llarg dels anys i els resultats aconseguits per la indústria de la construcció nipona.

Les estructures antisísmiques es van començar a desenvolupar seriosament en el moment en què zones d'alt risc sísmic es van proposar també construir en alçada. Recordem que l'alçada dels edificis és un element determinant a l'hora de combatre un sisme ja que, com a esforç horitzontal que és, tendeix a multiplicar els seus efectes a mesura que ens separem de la cota zero. Japó n'és un bon exponent, situat entre tres plaques tectòniques, només queda superat per l'illa de Taiwan en perillositat sísmica. Molts d'altres llocs del planeta estan també seriosament exposats a riscos sísmics, com per exemple la cadena dels Andes a Sud-amèrica, la falla de San Andrés a Califòrnia o l'Himàlaia a la Xina continental.

Existeixen molts mètodes en l'actualitat per pal·liar els efectes d'un sisme sobre un edifici. Resistir un terratrèmol en termes estructurals es tradueix a aconseguir absorbir una quantitat enorme d'energia produïda pels moviments als quals es veuen sotmesos els edificis. En moure's els forjats i la massa dels edificis en general, aquests generen unes forces enormes que, multiplicades pel seu desplaçament, es

converteixen en grans dosis d'energia. En conseqüència, la principal obsessió dels dissenys estructurals antisísmics passa necessàriament per ABSORVIR aquesta ENERGIA. És per això que moltes vegades es discuteix, sobretot al nostre país, com a conseqüència de la falta d'experiència en aquest camp, sobre si les estructures antisísmiques han de ser més rígides o més flexibles d'allò que seria estrictament normal. La instrucció sísmica vigent espanyola (NCSR-02) condueix flagrantment a uns dissenys molt més rígids en zones sísmiques que en zones que no ho són. És aquí on la discussió està oberta: l'energia s'absorbeix millor reduint la deformabilitat d'una estructura o augmentant-la? Doncs només cal pensar en determinats elements naturals que reproduïen aquest comportament, per exemple, els arbres: és conegut que en cas de ventada sempre cauen primer aquells arbres de tronc més robust precisament perquè la seva rigidesa no els deixa deformar.

El problema és que els requeriments funcionals d'un edifici no són ni molt menys els d'un arbre i, en conseqüència, una deformació excessiva podria conduir a danys estructurals irreversibles. Així, actualment s'aposta per diverses solucions: sistemes de control passiu, sistemes de control actiu i sistemes híbrids. Els sistemes passius es fonamenten bàsicament a aïllar l'edifici de les oscil·lacions dels fonaments o bé a dissipar l'energia del sisme; els sistemes actius, per contra, a detectar intel·ligentment la magnitud del moviment i a donar-hi una resposta estructural activa per pal·liar-ne els efectes. Finalment, els sistemes considerats híbrids no són res més que una combinació adequada per a cada cas dels dos anteriors.

Dins dels passius, els sistemes d'aïllament per a la base, són dels més àmpliament utilitzats. Es tracta de disposar elements que permetin el moviment a la base d'unió dels pilars de planta baixa amb els fonaments, de manera que l'estructura de l'edifici romangui rígida i intacta en cas de moviment. Aquest aïllament es pot aconseguir de moltes maneres, des de connectar els pilars a través d'elements elastomèrics tipus neoprè, fins a utilitzar dissipadors d'energia de diverses configuracions. Els aïllaments a base d'elastòmers permeten el moviment de l'edifici sense malmetre cap sistema estructural: es tracta d'uns grans blocs massius fets a base de capes de neoprè alternades amb planxes metàl·liques. En cas de sisme, aquest tipus d'aïllaments permeten el moviment oscil·lant de l'estructura en direcció vertical, però també horitzontal de forma simultània.

En la mateixa línia dels aïllaments a base d'elements deformables elastomèrics, existeix també una solució menys freqüent, però igual d'efectiva: l'aïllament per pèndol friccionant. Es tracta de construir la unió amb els fonaments a base d'una bola d'acer encaixada en una gran superfície còncava metàl·lica connectada al pilar, de manera que, en cas que es produeixin oscil·lacions sísmiques, aquesta superfície llisqui per sobre de la bola massissa sense afectar per a res la superestructura de l'edifici.

Un altre sistema àmpliament utilitzat, sobretot en edificis d'alçades considerables, és el basat en els dissipadors d'energia. Es tracta de la solució més "econòmica" i eficaç: uns elements concrets i molt sensibles es col·loquen en punts estratègics de les estructures dels edificis amb la finalitat que quan aquestes entren en oscil·lació, tota l'energia produïda pel sisme s'absorbeixi a través seu. En funció de com absorbeixen l'energia, es classifiquen en diversos tipus de dissipadors: els histerètics (per plastificació o per fricció) i els viscoelàstics. Així, l'edifici queda intacte al sisme perquè gairebé no es mou: en els histerètics, la destrucció total del dissipador impedeix que els moviments de l'edifici tinguin la magnitud que haurien experimentat en cas que aquest hagués estat rígid en totes les seves unions; en els viscoelàstics, un fluid és l'encarregat d'amortir-ne els moviments dins d'un pistó. De dissipadors histerètics d'energia, n'hi ha de molts subtipus diferents en funció del seu funcionament: a flexió, a torsió, a tallant, etc. La diferència rau tan sols en com s'efectua aquesta dissipació d'energia.

Molt menys utilitzats pel seu cost i complexitat, són els sistemes actius de control sísmic. Aquests sistemes basen el seu funcionament en la detecció dels moviments de l'edifici a partir d'uns sensors i proporcionen una resposta immediata mitjançant algun tipus de mecanisme (a la vegada, controlat informàticament). Aquest sistema de control és francament sofisticat i requereix de sistemes de control en computador, talment com si l'edifici es tractés d'un Airbus —per la qual cosa els converteix en cars i molt costosos d'implementar. Pocs casos s'han executat amb aquests sistemes, el més notable i reconegut és el Taipei 101, un edifici de 509 metres d'alçada construït a Taipei, la capital de l'illa de Taiwan —la regió del planeta que gaudeix de l'acceleració sísmica més alta. El Taipei 101, projectat per l'arquitecte C. Y. Lee i calculat per l'enginyer Thornton Tomasetti, ha esdevingut el màxim exponent d'estructura amb control actiu gràcies a una gran bola metàl·lica de 680 tones de massa situada a la planta 92 de l'edifici.

Aquesta gran massa està sospesa de les plantes superiors a través de tensors metàl·lics i subjectada per la part inferior a través d'uns pistons hidràulics. Quan es detecta un desplaçament de l'edifici en un determinat sentit, per petit que sigui, el sistema de control impulsa la gran esfera massiva en sentit contrari per tal de convertir-se en contrapès físic i acabar absorbint l'energia del moviment.

Cap altre edifici disposa d'un amortidor tan gran i pesat a les darreres plantes. L'afany de l'home per construir edificis vertiginosament alts en zones on la naturalesa ho desaconsellava reiteradament ha portat a desenvolupar sistemes tan extremadament sofisticats com genials, per transmetre correctament les càrregues i els esforços al terreny sense la necessitat d'haver-hi d'estar vinculat dinàmicament. L'arquitectura tradicional japonesa i xinesa han respirat des de sempre ja d'un seriós coneixement de

resolució d'unions amb barres de fusta, de manera que permetessin el màxim de moviments possibles sense que es trenqués l'estructura. En els edificis actuals no podem aspirar a plantejar estructures flexibles i excessivament deformables (per una simple qüestió funcional i de confort), però sí que podem dissenyar edificis rígids en si mateixos que s'aïllin dels moviments de l'entorn, per intensos i repetits que siguin. Una vegada més, l'ambició de l'arquitectura per una ràpida conquesta vertical obsessiva està canviant de base els paradigmes fonamentals de les estructures que coneixíem i controlàvem fins fa relativament poc: la baixada de càrregues gravitatòries passa necessàriament a un segon o tercer terme, i la lluita contra els esforços dinàmics i horitzontals es converteix en la clara protagonista del segle XXI.